

52. IWK

Internationales Wissenschaftliches Kolloquium
International Scientific Colloquium



PROCEEDINGS

| 10 - 13 September 2007

FACULTY OF COMPUTER SCIENCE AND AUTOMATION



COMPUTER SCIENCE MEETS AUTOMATION

VOLUME II

Session 6 - Environmental Systems: Management and Optimisation

**Session 7 - New Methods and Technologies for Medicine and
Biology**

Session 8 - Embedded System Design and Application

Session 9 - Image Processing, Image Analysis and Computer Vision

Session 10 - Mobile Communications


Session 11 - Education in Computer Science and Automation

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-939473-17-6

Impressum

- Herausgeber: Der Rektor der Technischen Universität Ilmenau
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil. Peter Scharff
- Redaktion: Referat Marketing und Studentische Angelegenheiten
Kongressorganisation
Andrea Schneider
Tel.: +49 3677 69-2520
Fax: +49 3677 69-1743
e-mail: kongressorganisation@tu-ilmenau.de
- Redaktionsschluss: Juli 2007
- Verlag: 
Technische Universität Ilmenau/Universitätsbibliothek
Universitätsverlag Ilmenau
Postfach 10 05 65
98684 Ilmenau
www.tu-ilmenau.de/universitaetsverlag
- Herstellung und Auslieferung: Verlagshaus Monsenstein und Vannerdat OHG
Am Hawerkamp 31
48155 Münster
www.mv-verlag.de
- Layout Cover: www.cey-x.de
- Bezugsmöglichkeiten: Universitätsbibliothek der TU Ilmenau
Tel.: +49 3677 69-4615
Fax: +49 3677 69-4602

© Technische Universität Ilmenau (Thür.) 2007

Diese Publikationen und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Mit Ausnahme der gesetzlich zugelassenen Fälle ist eine Verwertung ohne Einwilligung der Redaktion strafbar.

Preface

Dear Participants,

Confronted with the ever-increasing complexity of technical processes and the growing demands on their efficiency, security and flexibility, the scientific world needs to establish new methods of engineering design and new methods of systems operation. The factors likely to affect the design of the smart systems of the future will doubtless include the following:

- As computational costs decrease, it will be possible to apply more complex algorithms, even in real time. These algorithms will take into account system nonlinearities or provide online optimisation of the system's performance.
- New fields of application will be addressed. Interest is now being expressed, beyond that in "classical" technical systems and processes, in environmental systems or medical and bioengineering applications.
- The boundaries between software and hardware design are being eroded. New design methods will include co-design of software and hardware and even of sensor and actuator components.
- Automation will not only replace human operators but will assist, support and supervise humans so that their work is safe and even more effective.
- Networked systems or swarms will be crucial, requiring improvement of the communication within them and study of how their behaviour can be made globally consistent.
- The issues of security and safety, not only during the operation of systems but also in the course of their design, will continue to increase in importance.

The title "Computer Science meets Automation", borne by the 52nd International Scientific Colloquium (IWK) at the Technische Universität Ilmenau, Germany, expresses the desire of scientists and engineers to rise to these challenges, cooperating closely on innovative methods in the two disciplines of computer science and automation.

The IWK has a long tradition going back as far as 1953. In the years before 1989, a major function of the colloquium was to bring together scientists from both sides of the Iron Curtain. Naturally, bonds were also deepened between the countries from the East. Today, the objective of the colloquium is still to bring researchers together. They come from the eastern and western member states of the European Union, and, indeed, from all over the world. All who wish to share their ideas on the points where "Computer Science meets Automation" are addressed by this colloquium at the Technische Universität Ilmenau.

All the University's Faculties have joined forces to ensure that nothing is left out. Control engineering, information science, cybernetics, communication technology and systems engineering – for all of these and their applications (ranging from biological systems to heavy engineering), the issues are being covered.

Together with all the organizers I should like to thank you for your contributions to the conference, ensuring, as they do, a most interesting colloquium programme of an interdisciplinary nature.

I am looking forward to an inspiring colloquium. It promises to be a fine platform for you to present your research, to address new concepts and to meet colleagues in Ilmenau.



Professor Peter Scharff
Rector, TU Ilmenau



Professor Christoph Ament
Head of Organisation

CONTENTS

	Page
6 Environmental Systems: Management and Optimisation	
T. Bernard, H. Linke, O. Krol A Concept for the long term Optimization of regional Water Supply Systems as a Module of a Decision Support System	3
S. Röhl, S. Hopfgarten, P. Li A groundwater model for the area Darkhan in Kharaa river Th. Bernard, H. Linke, O. Krol basin	11
A. Khatanbaatar Altantuul The need designing integrated urban water management in cities of Mongolia	17
T. Rauschenbach, T. Pfützenreuter, Z. Tong Model based water allocation decision support system for Beijing	23
T. Pfützenreuter, T. Rauschenbach Surface Water Modelling with the Simulation Library ILM-River	29
D. Karimanzira, M. Jacobi Modelling yearly residential water demand using neural networks	35
Th. Westerhoff, B. Scharaw Model based management of the drinking water supply system of city Darkhan in Mongolia	41
N. Buyankhishig, N. Batsukh Pumping well optimi ation in the Shivee-Ovoo coal mine Mongolia	47
S. Holzmüller-Laue, B. Göde, K. Rimane, N. Stoll Data Management for Automated Life Science Applications	51
N. B. Chang, A. Gonzalez A Decision Support System for Sensor Deployment in Water Distribution Systems for Improving the Infrastructure Safety	57
P. Hamolka, I. Vrublevsky, V. Parkoun, V. Sokol New Film Temperature And Moisture Microsensors for Environmental Control Systems	63
N. Buyankhishig, M. Masumoto, M. Aley Parameter estimation of an unconfined aquifer of the Tuul River basin Mongolia	67

M. Jacobi, D. Karimanzira	73
Demand Forecasting of Water Usage based on Kalman Filtering	

7 New Methods and Technologies for Medicine and Biology

J. Meier, R. Bock, L. G. Nyúl, G. Michelson	81
Eye Fundus Image Processing System for Automated Glaucoma Classification	
L. Hellrung, M. Trost	85
Automatic focus depending on an image processing algorithm for a non mydriatic fundus camera	
M. Hamsch, C. H. Igney, M. Vauhkonen	91
A Magnetic Induction Tomography System for Stroke Classification and Diagnosis	
T. Neumuth, A. Pretschner, O. Burgert	97
Surgical Workflow Monitoring with Generic Data Interfaces	
M. Pfaff, D. Woetzel, D. Driesch, S. Toepfer, R. Huber, D. Pohlers, D. Koczan, H.-J. Thiesen, R. Guthke, R. W. Kinne	103
Gene Expression Based Classification of Rheumatoid Arthritis and Osteoarthritis Patients using Fuzzy Cluster and Rule Based Method	
S. Toepfer, S. Zellmer, D. Driesch, D. Woetzel, R. Guthke, R. Gebhardt, M. Pfaff	107
A 2-Compartment Model of Glutamine and Ammonia Metabolism in Liver Tissue	
J. C. Ferreira, A. A. Fernandes, A. D. Santos	113
Modelling and Rapid Prototyping an Innovative Ankle-Foot Orthosis to Correct Children Gait Pathology	
H. T. Shandiz, E. Zahedi	119
Noninvasive Method in Diabetic Detection by Analyzing PPG Signals	
S. V. Drobot, I. S. Asayenok, E. N. Zacepin, T. F. Sergiyenko, A. I. Svirnovskiy	123
Effects of Mm-Wave Electromagnetic Radiation on Sensitivity of Human Lymphocytes to Ionizing Radiation and Chemical Agents in Vitro	

8 Embedded System Design and Application

B. Däne	131
Modeling and Realization of DMA Based Serial Communication for a Multi Processor System	

M. Müller, A. Pacholik, W. Fengler Tool Support for Formal System Verification	137
A. Pretschner, J. Alder, Ch. Meissner A Contribution to the Design of Embedded Control Systems	143
R. Ubar, G. Jervan, J. Raik, M. Jenihhin, P. Ellervee Dependability Evaluation in Fault Tolerant Systems with High-Level Decision Diagrams	147
A. Jutmann On LFSR Polynomial Calculation for Test Time Reduction	153
M. Rosenberger, M. J. Schaub, S. C. N. Töpfer, G. Linß Investigation of Efficient Strain Measurement at Smallest Areas Applying the Time to Digital (TDC) Principle	159
 9 Image Processing, Image Analysis and Computer Vision	
J. Meyer, R. Espiritu, J. Earthman Virtual Bone Density Measurement for Dental Implants	167
F. Erfurth, W.-D. Schmidt, B. Nyuyki, A. Scheibe, P. Saluz, D. Faßler Spectral Imaging Technology for Microarray Scanners	173
T. Langner, D. Kollhoff Farbbasierte Druckbildinspektion an Rundkörpern	179
C. Lucht, F. Gaßmann, R. Jahn Inline-Fehlerdetektion auf freigeformten, texturierten Oberflächen im Produktionsprozess	185
H.-W. Lahmann, M. Stöckmann Optical Inspection of Cutting Tools by means of 2D- and 3D-Imaging Processing	191
A. Melitzki, G. Stanke, F. Weckend Bestimmung von Raumpositionen durch Kombination von 2D-Bildverarbeitung und Mehrfachlinienlasertriangulation - am Beispiel von PKW-Stabilisatoren	197
F. Boochs, Ch. Raab, R. Schütze, J. Traiser, H. Wirth 3D contour detection by means of a multi camera system	203

M. Brandner Vision-Based Surface Inspection of Aeronautic Parts using Active Stereo	209
H. Lettenbauer, D. Weiss X-ray image acquisition, processing and evaluation for CT-based dimensional metrology	215
K. Sickel, V. Daum, J. Horneegger Shortest Path Search with Constraints on Surface Models of In-the-ear Hearing Aids	221
S. Husung, G. Höhne, C. Weber Efficient Use of Stereoscopic Projection for the Interactive Visualisation of Technical Products and Processes	227
N. Schuster Measurement with subpixel-accuracy: Requirements and reality	233
P. Brückner, S. C. N. Töpfer, M. Correns, J. Schnee Position- and colour-accurate probing of edges in colour images with subpixel resolution	239
E. Sparrer, T. Machleidt, R. Nestler, K.-H. Franke, M. Niebelschütz Deconvolution of atomic force microscopy data in a special measurement mode – methods and practice	245
T. Machleidt, D. Kapusi, T. Langner, K.-H. Franke Application of nonlinear equalization for characterizing AFM tip shape	251
D. Kapusi, T. Machleidt, R. Jahn, K.-H. Franke Measuring large areas by white light interferometry at the nanopositioning and nanomeasuring machine (NPM)M)	257
R. Burdick, T. Lorenz, K. Bobey Characteristics of High Power LEDs and one example application in with-light-interferometry	263
T. Koch, K.-H. Franke Aspekte der strukturbasierten Fusion multimodaler Satellitendaten und der Segmentierung fusionierter Bilder	269
T. Riedel, C. Thiel, C. Schmallius A reliable and transferable classification approach towards operational land cover mapping combining optical and SAR data	275
B. Waske, V. Heinzl, M. Braun, G. Menz Classification of SAR and Multispectral Imagery using Support Vector Machines	281

V. Heinzl, J. Franke, G. Menz Assessment of differences in multisensoral remote sensing imageries caused by discrepancies in the relative spectral response functions	287
I. Aksit, K. Bünger, A. Fassbender, D. Frekers, Chr. Götze, J. Kemenas An ultra-fast on-line microscopic optical quality assurance concept for small structures in an environment of man production	293
D. Hofmann, G. Linss Application of Innovative Image Sensors for Quality Control	297
A. Jablonski, K. Kohrt, M. Böhm Automatic quality grading of raw leather hides	303
M. Rosenberger, M. Schellhorn, P. Brückner, G. Linß Uncompressed digital image data transfer for measurement techniques using a two wire signal line	309
R. Blaschek, B. Meffert Feature point matching for stereo image processing using nonlinear filters	315
A. Mitsiukhin, V. Pachynin, E. Petrovskaya Hartley Discrete Transform Image Coding	321
S. Hellbach, B. Lau, J. P. Eggert, E. Körner, H.-M. Groß Multi-Cue Motion Segmentation	327
R. R. Alavi, K. Brieß Image Processing Algorithms for Using a Moon Camera as Secondary Sensor for a Satellite Attitude Control System	333
S. Bauer, T. Döring, F. Meysel, R. Reulke Traffic Surveillance using Video Image Detection Systems	341
M. A-Megeed Salem, B. Meffert Wavelet-based Image Segmentation for Traffic Monitoring Systems	347
E. Einhorn, C. Schröter, H.-J. Böhme, H.-M. Groß A Hybrid Kalman Filter Based Algorithm for Real-time Visual Obstacle Detection	353
U. Knauer, R. Stein, B. Meffert Detection of opened honeybee brood cells at an early stage	359

10 Mobile Communications

K. Ghanem, N. Zamin-Khan, M. A. A. Kalil, A. Mitschele-Thiel Dynamic Reconfiguration for Distributing the Traffic Load in the Mobile Networks	367
N. Z.-Khan, M. A. A. Kalil, K. Ghanem, A. Mitschele-Thiel Generic Autonomic Architecture for Self-Management in Future Heterogeneous Networks	373
N. Z.-Khan, K. Ghanem, St. Leistritz, F. Liers, M. A. A. Kalil, H. Kärst, R. Böringer Network Management of Future Access Networks	379
St. Schmidt, H. Kärst, A. Mitschele-Thiel Towards cost-effective Area-wide Wi-Fi Provisioning	385
A. Yousef, M. A. A. Kalil A New Algorithm for an Efficient Stateful Address Autoconfiguration Protocol in Ad hoc Networks	391
M. A. A. Kalil, N. Zamin-Khan, H. Al-Mahdi, A. Mitschele-Thiel Evaluation and Improvement of Queueing Management Schemes in Multihop Ad hoc Networks	397
M. Ritzmann Scientific visualisation on mobile devices with limited resources	403
R. Brecht, A. Kraus, H. Krömker Entwicklung von Produktionsrichtlinien von Sport-Live-Berichterstattung für Mobile TV Übertragungen	409
N. A. Tam RCS-M: A Rate Control Scheme to Transport Multimedia Traffic over Satellite Links	421
Ch. Kellner, A. Mitschele-Thiel, A. Diab Performance Evaluation of MIFA, HMIP and HAWAII	427
A. Diab, A. Mitschele-Thiel MIFAv6: A Fast and Smooth Mobility Protocol for IPv6	433
A. Diab, A. Mitschele-Thiel CAMP: A New Tool to Analyse Mobility Management Protocols	439

11 Education in Computer Science and Automation

S. Bräunig, H.-U. Seidel Learning Signal and Pattern Recognition with Virtual Instruments	447
St. Lambeck Use of Rapid-Control-Prototyping Methods for the control of a nonlinear MIMO-System	453
R. Pittschellis Automatisierungstechnische Ausbildung an Gymnasien	459
A. Diab, H.-D. Wuttke, K. Henke, A. Mitschele-Thiel, M. Ruhwedel MAeLE: A Metadata-Driven Adaptive e-Learning Environment	465
V. Zöppig, O. Radler, M. Beier, T. Ströhla Modular smart systems for motion control teaching	471
N. Pranke, K. Froitzheim The Media Internet Streaming Toolbox	477
A. Fleischer, R. Andreev, Y. Pavlov, V. Terzieva An Approach to Personalized Learning: A Technique of Estimation of Learners Preferences	485
N. Tsyrelchuk, E. Ruchaevskaia Innovational pedagogical technologies and the Information educational medium in the training of the specialists	491
Ch. Noack, S. Schwintek, Ch. Ament Design of a modular mechanical demonstration system for control engineering lectures	497

T. Langner / D. Kollhoff

Farbbasierte Druckbildinspektion an Rundkörpern

Kurzfassung

Die Druckbildinspektion ist eine seit längerem etablierte Methode, um im Bedruckungsprozess von Postern, Etiketten und Verpackungen eine gleichbleibende Qualität zu gewährleisten. Die meisten Inspektionsverfahren beschränken sich dabei auf die Prüfung von planaren Oberflächen. Drucke, welche direkt auf verschiedenartig geformte Objekte aufgebracht werden, erfordern teilweise andere Herangehensweisen. In diesem Beitrag wird ein Druckbildinspektionssystem vorgestellt, welches speziell für die Inspektion von Rundkörpern konzipiert wurde und die sich dabei ergebenden Schwierigkeiten löst.

Aufgabenstellung

Die dieser Arbeit zugrunde liegende Aufgabenstellung eines namhaften Trinkflaschenherstellers umfasst die Entwicklung eines Druckbildinspektionssystems zur Kontrolle von Bedruckungen von zylindrischen Flaschen und Tuben. Dabei teilt sich der Inspektionsvorgang in die Fehlererkennung von Druck- und Materialfehlern durch Vergleich mit einem „Golden Template“ und die Prüfung auf korrekten Farbdruck mittels Farbklassifikation. Folgende Fehler müssen sicher erkannt werden:

1. Druck- und Materialfehler
 - Oberflächenfehler (Dellen, Kratzer, Einschlüsse)
 - Spritzer, Verläufe, Versatz, Verwischungen
 - Zu starke, blasse oder fehlende Bedruckung
2. Farbfehler
 - Fehlfarben
 - Farbverläufe
 - Farbabweichungen vom Sollmuster

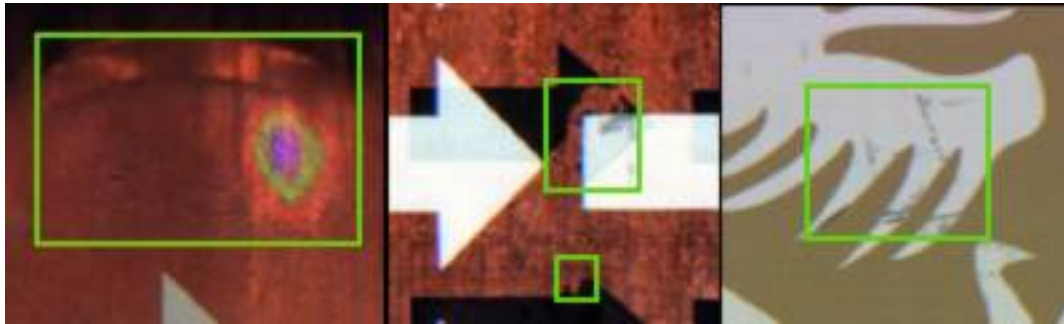


Abb.1 Beispiele für Delle, Druckfehler und Kratzer

Probleme bei der Inspektion von zylindrischen Körpern

Für die Aufnahme der zu prüfenden Bilder mit einer Zeilenkamera muss das Prüfobjekt gedreht werden. Die abgewinkelte Oberfläche kann dann mit der Kamera erfasst werden. Hierfür wurde ein Hardwareverbund aus Antriebssystem, Beleuchtung und Kamerakopf konstruiert. Als Beleuchtung dient eine faseroptische Linienbeleuchtung in Verbindung mit einer HQI-Kaltlichtquelle.

Bei dieser Art der Bildaufnahme ergeben sich jedoch Probleme, welche größtenteils auf Schlupf im Antriebssystem und Unrundheiten zurückzuführen sind.

Schlupf äußert sich im Bild durch Verzüge wie Stauchung und Streckung des Druckmusters entlang der Aufnahme­richtung. Er entsteht durch unzureichend straffe Einspannung der Flasche / Tube und durch Vibrationen im Antriebsstrang. Aus technischen Gründen wird statt einem Direktantrieb ein Riemenantrieb eingesetzt.

Untersuchungen haben gezeigt, dass durch die Verwendung eines Drehgebers zur Triggerung der Kamera und Optimierung der Hardwarekomponenten der Schlupf minimiert werden kann. Weitere Verzerrungen werden durch einen ungleichmäßigen Rundlauf (dezentrierte Einspannung bzw. Formfehler der Flasche) verursacht, die nicht restlos beseitigt werden können. Die Auswertung der Druckbilder erfordert also ein Maß an Verzugstoleranz der Algorithmen gegenüber Stauchung, Streckung und Scherung.

Ein weiteres Problem bei der Inspektion von zylindrischen Objekten ist das Finden eines Startpunktes für den verzugstoleranten Golden-Template-Vergleich im Bild. Bedingt durch Druckprozess und Transport der Prüflinge, gibt es keinen zur Bedruckung synchronen Startpunkt der Bildaufnahme, so dass die aufgenommenen Druckbilder eine Translation in Aufnahme­richtung aufweisen. Die teilweise verwendete 360°-Bedruckung der Objekte erfordert deshalb ein geeignetes Offsetkorrekturverfahren zur Bestimmung eines reproduzierbaren Startpunktes. Von dem Rundkörper werden zwei vollständige

Umdrehungen aufgenommen, so dass bezüglich eines definierten Startpunktes mindestens eine vollständige Abwicklung im Bild vorhanden ist.

Probleme bei der Inspektion von Farbdrucken

Für die Aufnahme der Farbbilder wird eine trilineare Farbzeilenkamera verwendet. Diese stellt einen guten Kompromiss zwischen Auflösung und Kosten dar. Die hier auftretenden Probleme resultieren zum Großteil aus dem Abstand der Farbzeilen des Sensors zueinander und der Rotation des Prüfobjektes.

Um die dadurch entstehenden Farbsäume an Kanten zu vermeiden, muss eine genaue Kalibrierung von Antrieb, Drehgeber, Belichtungszeit und Zeilenverzögerung erfolgen. Eine weitere Fehlerquelle ist die Beleuchtung von nicht planaren Oberflächen. Bedingt durch den Abstand der Farbzeilen muss ein relativ breiter Streifen homogen ausgeleuchtet werden. Durch die Wölbung der Oberfläche ergeben sich deshalb für jede Zeile unterschiedliche

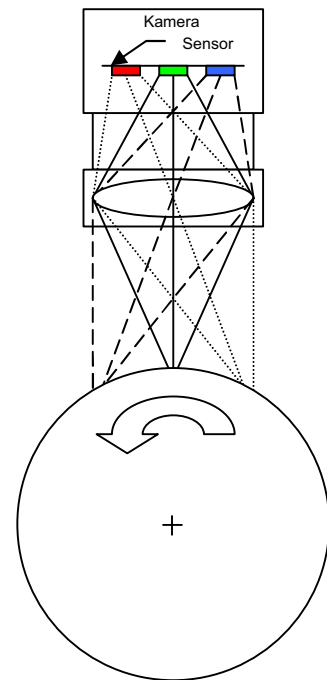


Abb.2 Abbildungsprinzip

Reflektionswinkel. Das Resultat sind auszugleichende Schwankungen der Intensität und Farbverfälschungen. Des Weiteren muss die Kurzzeit- und Langzeit-Stabilität der Lichtquelle beachtet werden. Um die Einflüsse von Schwankungen im Beleuchtungssystem auszugleichen, wird in der nächsten Ausbaustufe eine Online Farb-Kalibrierung mittels Drei- oder Mehrbereichssensoren angestrebt.

Hardware

Für die Suche nach der optimalen Kombination der Hardwarekomponenten wurde ein intensiver Test von Farbzeilenkameras verschiedener Hersteller durchgeführt. Um Flaschen und Tuben unterschiedlicher Höhe inspizieren zu können, musste ein breiter Aufnahmebereich mit hoher Auflösung abgedeckt werden.

Um das Auftreten von Farbsäumen zu minimieren und den Einfluss der gewölbten Oberfläche auf die Beleuchtung so klein wie möglich zu halten, musste eine Kamera mit einem sehr kleinen Abstand der Farbzeilen gewählt werden.

Die Entscheidung fiel aufgrund einer Auflösung von 4096 Pixeln und einem Zeilenabstand von $30\mu\text{m}$ auf die Dalsa Piranha Color PC-30-04K60 Kamera.

Für die Normierung des Helligkeitsverlaufes bietet diese zusätzlich eine eingebaute Shadingkorrektur, wodurch sich softwareseitig ein Verarbeitungsschritt einsparen lässt.

Um auf die sich ergebende Verschiebung der Fokusebene bei Änderung des Flaschendurchmessers reagieren zu können, wurde ein Aufbau konstruiert, welcher eine Höhenverstellung des gesamten Aufnahmesystems ermöglicht.

Lösungsansätze am Beispiel der Offsetkorrektur

Für die Korrektur des Offsets zweier Bilder muss ein gegenüber Fehlern im Druck tolerantes Verfahren zum Einsatz kommen. Herkömmliche Korrelationsansätze oder Vergleiche direkt im Bildmaterial sind daher ungeeignet. Aus diesem Grund werden aus den Aufnahmen mittels Förstner-Algorithmus [1] Merkmale in Form von Eckpunkten mit den Parametern Position (x,y), Betrag und Orientierung extrahiert. Das zu matchende Bild enthält nun zwei volle Umdrehungen des Rundkörpers, während das Referenzbild nur eine Umdrehung umfasst. Außerdem werden bei Druckfehlern (z.B. fehlende Farben) nicht alle Eckpunkte wieder gefunden. Die Offsetkorrektur lässt sich daher als Problem des Matchings zweier partiell übereinstimmender Punktmengen charakterisieren. Zur Lösung dieses Problems wird deshalb eine optimierte Form des Point-Pattern-Matchings verwendet.

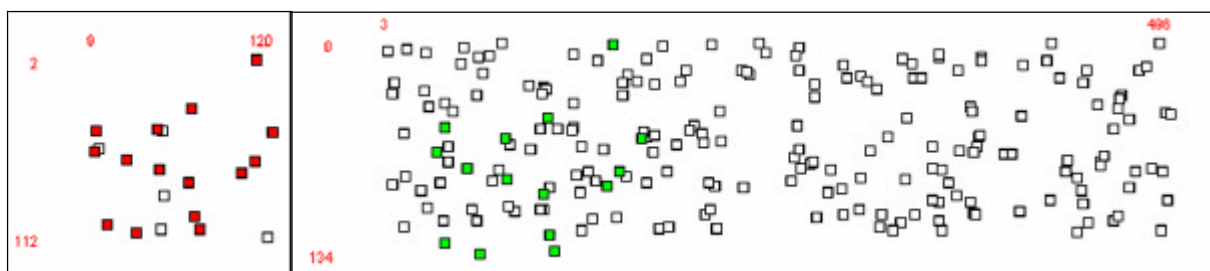


Abb.3 Punktmengen A und B mit gefundener Korrespondenz (mittlerer Distanzfehler = 3,6)

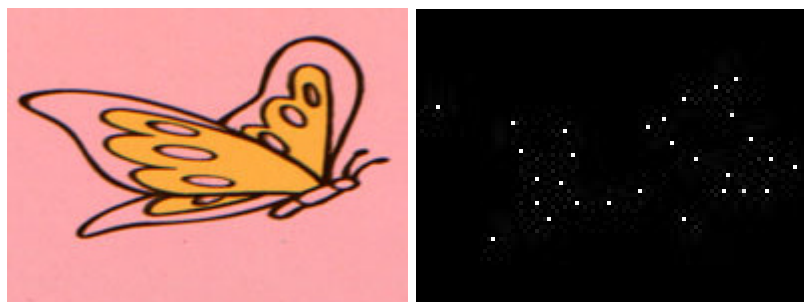


Abb.4 Druckmuster und daraus extrahierte Eckpunkte

Sind zwei Punktmengen A und B gegeben, dann löst das Verfahren folgende Aufgaben:

- Finde die korrekten Punktkorrespondenzen zwischen den Mengen A und B und berechne daraus die Transformation T .
- Löse das Minimierungsproblem: Suche die Transformation T , so dass der Abstand zwischen den Punktmengen $T(A)$ und B minimal wird.

Als Suchstrategie kommt hier der Vergleich von Nachbarschaften nach *Wamelen* [2] mit

einer Komplexität $O\left(m(\log n)^{\frac{3}{2}}\right)$ (m = Anzahl der Elemente in der Suchpunktmenge, n =

Anzahl der Elemente in der Referenzpunktmenge) zum Einsatz. Einen Überblick über weitere Strategien geben *Cox und Jager* [3].

Der Algorithmus arbeitet wie folgt:

- Suche nach lokalen Transformationen, die alle nächsten Nachbarn der Punkte aus A auf die nächsten Nachbarn der Punkte aus B abbilden
- Auswahl der, den Suchkriterien entsprechenden, besten globalen Transformation aus den lokalen Transformationen

Um die Laufzeit des Verfahrens zu optimieren und die Geschwindigkeit bei der Suche nach den nächsten Nachbarn zu erhöhen, wurden einige Erweiterungen vorgenommen.

- Für eine schnelle Nachbarschaftssuche werden kD-Bäume verwendet.
- Es können Toleranzgrenzen für die einzelnen Transformationen festgelegt werden, um die Suche vorzeitig abubrechen (es tritt nur geringe Translation senkrecht zur Aufnahme-richtung auf, keine Rotation oder Skalierung).
- In die Distanzberechnung zweier Eckpunkte fließen neben ihren Koordinaten weitere Eigenschaften, wie z.B. die Intensität der Ecke, ein (die Wahrscheinlichkeit ist hoch, dass in den zwei Aufnahmen markante Punkte wiedergefunden werden)

Versuche führten wir mit zufallsgesteuert generierten Testdaten durch, wobei zwischen einem Referenzpunktsatz und einem Suchpunktsatz Manipulationen wie affine Transformation, Hinzu- und Wegnahme von Punkten und Verrauschen der Punktkoordinaten vorgenommen wurden. Dabei ergab sich eine sehr gute Übereinstimmung zwischen der vorgegebenen und der ermittelten Transformation. In der Praxis wurden aufgrund der nichtlinearen Verzerrungen des Bildes und des Versatzes der einzelnen Farbdrucke gegeneinander Abweichungen unterhalb von 4 Pixeln erreicht, die für die weitere Verarbeitung ausreichend sind.

Software

Die Anwendungssoftware wurde so gestaltet, dass sie mit wenigen Schaltflächen per Touchscreen bedienbar ist und dem Druckmaschinenfahrer direkt an der Druckstraße einen schnellen Überblick über die aktuelle Qualität der Bedruckung bietet. Durch den modularen Aufbau der Software wird eine nachträgliche Erweiterung um Statistik- und Klassifikationsmodule ermöglicht. Somit kann die Anwendung optimal an die jeweiligen Anforderungen angepasst werden.

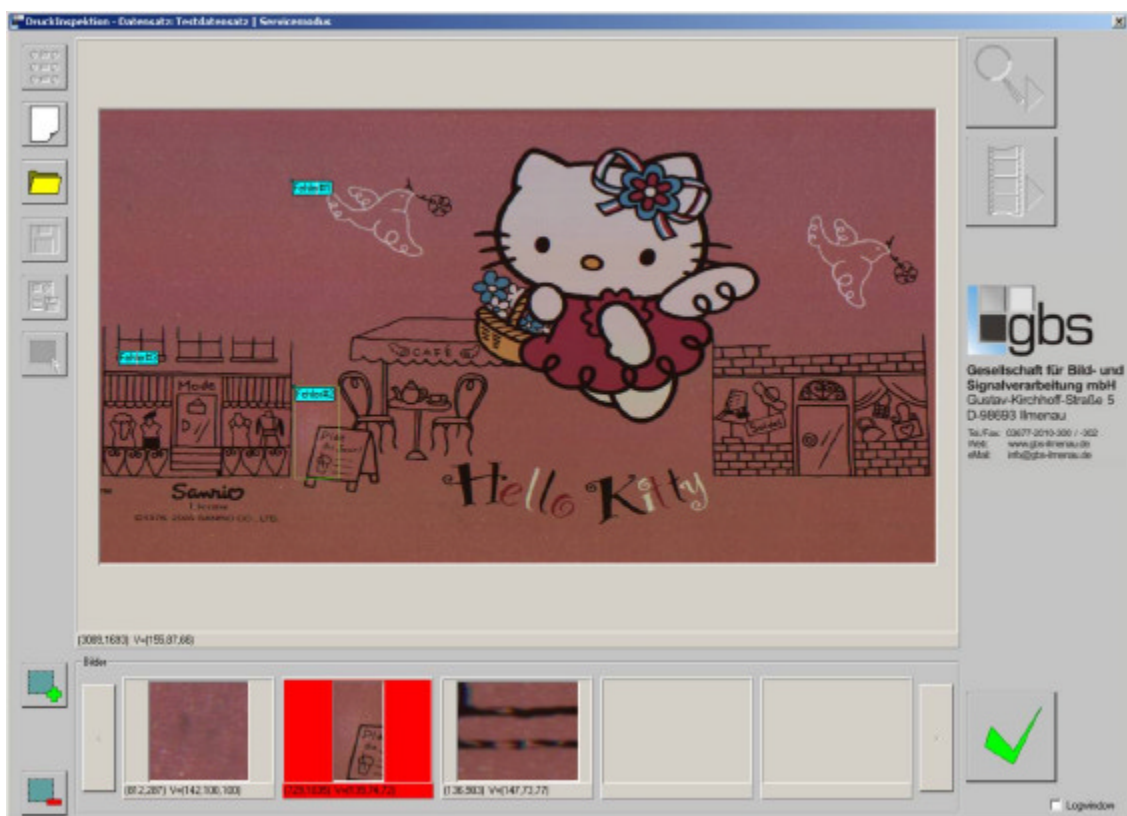


Abb.5 Applikation zur Druckbildinspektion

Literatur:

- [1] W. Förstner, E. Gülch. A fast operator for detection and precise location of distinct points, corners and centres of circular features, ISPRS Intercommission Workshop on Fast Processing of Photogrammetric Data, 1987
- [2] P. van Wamelen, Z. Li, and S. Iyengar. A fast expected time algorithm for the point pattern matching problem, Technical Report 1999-28, Louisiana State University, Dept. of Mathematics, 1999
- [3] G.S. Cox and G. de Jager. A survey of point pattern matching techniques and a new approach to point pattern recognition, COMSIG 1992

Autoren:

Dipl.-Inf. Tim Langner
Department of Computer Science and Automation
Computer Graphics Group
TU Ilmenau
98683, Ilmenau
Phone: +49-3677-693141
E-mail: Tim.Langner@tu-ilmenau.de

Dipl.-Ing. Dietmar Kollhoff
GBS mbH,
Gustav-Kirchhoff-Str 5
98683, Ilmenau
Phone: +49-3677-2010303
Fax: +49-3677-2010302
E-mail: Dietmar.Kollhoff@GBS-Ilmenau.de